



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106943150 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(21)申请号 201710172209.X

(22)申请日 2017.03.22

(71)申请人 新乡医学院

地址 453003 河南省新乡市金穗大道东段

(72)发明人 张彬 李明彩 毕彦平

(74)专利代理机构 东莞市说文知识产权代理事务
所(普通合伙) 44330

代理人 冯晓平

(51)Int.Cl.

A61B 5/16(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

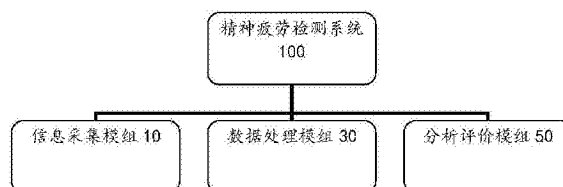
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

精神疲劳检测系统及其采用的方法

(57)摘要

本发明提供一种精神疲劳检测系统及其采用的方法,该系统包括信息采集模组、数据处理模组及分析评价模组,分析评价模组包括BP神经网络评判模块,该BP神经网络评判模块采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析。相较于现有技术,本发明实施方式提出采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析,不仅准确性比较高,而且所需要的数据长度比较短,可以满足实时性检测。



1. 一种精神疲劳检测系统,其包括信息采集模组、数据处理模组及分析评价模组,其特征在于:该信息采集模组包括用于采集被试者的临界融合频率值的融合频率采集仪及用于采集被试者脑电信号的脑电信号记录仪,该数据处理模组用于对该脑电信号记录仪采集到的脑电信号进行处理,以得到脑电信号的功率谱比值和功率谱熵,该分析评价模组包括BP神经网络评判模块,该BP神经网络评判模块采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析。

2. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块采用的输出神经元为100、010、001,对应地,精神疲劳的疲劳状态包括非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳三个等级。

3. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块采用的网络层数为包括一个隐含层的三层BP神经网络模型。

4. 如权利要求3所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块采用的网络层神经元数为20。

5. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块采用的初始权重通过随机数确定,其范围在 $[-\frac{1}{\sqrt{n}}, \frac{1}{\sqrt{n}}]$ 之间。

6. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块采用LM学习算法,期望误差为0.001。

7. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该闪光融合频率计与该脑电信号记录仪均采集两种状态下的临界融合频率和脑电信号,第一状态为被试者自觉不疲劳,第二状态为经过连续四个小时的学习,被试者自觉疲劳。

8. 如权利要求7所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该BP神经网络评判模块选取第一状态的前40组数据和第二状态的前40组数据作为训练样本。

9. 如权利要求1所述的精神疲劳检测系统,其特征在于:该分析评价模组还包括用于将该BP神经网络评判模块分析得到的结果输出至使用者的输出模块。

10. 一种精神疲劳检测方法,其包括以下步骤:

采集被试者的临界融合频率值及脑电信号;

将采集到的脑电信号进行预处理,去除干扰、去除眼电和心电伪迹;

对预处理后的脑电数据进行特征提取,选取db2小波对脑电进行六层分解和重构,得到 α 波、 β 波、 θ 波、 δ 波四种基本脑电节律信号,分别计算并得到各节律信号的功率谱 $P_{\alpha}, P_{\beta}, P_{\theta}, P_{\delta}$ 与功率谱熵,选取功率谱比值作为脑电疲劳指标;及

采用BP神经网络评判方法对输入元素为临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。

精神疲劳检测系统及其采用的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种疲劳检测系统及其采用的方法,尤其涉及一种多参数融合的疲劳检测系统及其采用的方法。

[0002]

背景技术

[0003] 生理学精神疲劳指劳动过程中体力或者脑力消耗的能量过多、刺激过强、压力过大导致的机体反应能力减弱,精神疲劳导致人们作业机能减弱,思维反应迟钝,注意力下降。目前精神疲劳的传统检测方法有生化法,生理反应测定法和主观评定法,但都由于无法实时动态检测且评价标准不易统一,在实际应用中有很大的局限性。

[0004]

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施方式提供了一种能够准确评价被试者是否精神疲劳的精神疲劳检测系统及其采用的方法。

[0006] 一种精神疲劳检测系统,其包括信息采集模组、数据处理模组及分析评价模组,该信息采集模组包括用于采集被试者的临界融合频率值的融合频率采集仪及用于采集被试者脑电信号的脑电信号记录仪,该数据处理模组用于对该脑电信号记录仪采集到的脑电信号进行处理,以得到脑电信号的功率谱比值和功率谱熵,该分析评价模组包括BP神经网络评判模块,该BP神经网络评判模块采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析。

[0007] 进一步地,该BP神经网络评判模块采用的输出神经元为100、010、001,对应地,精神疲劳的疲劳状态包括非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳三个等级。

[0008] 进一步地,该BP神经网络评判模块采用的网络层数为包括一个隐含层的三层BP神经网络模型。

[0009] 进一步地,该BP神经网络评判模块采用的网络层神经元数为20。

[0010] 进一步地,该BP神经网络评判模块采用的初始权重通过随机数确定,其范围在

$[-\frac{\alpha}{n}, \frac{\alpha}{n}]$ 之间。

[0011] 进一步地,该BP神经网络评判模块采用LM学习算法,期望误差为0.001。

[0012] 进一步地,该闪光融合频率计与该脑电信号记录仪均采集两种状态下的临界融合频率和脑电信号,第一状态为被试者自觉不疲劳,第二状态为经过连续四个小时的学习,被试者自觉疲劳。

[0013] 进一步地,该BP神经网络评判模块选取第一状态的前40组数据和第二状态的前40组数据作为训练样本。

[0014] 进一步地,该分析评价模组还包括用于将该BP神经网络评判模块分析得到的结果输出至使用者的输出模块。

[0015] 一种精神疲劳检测方法,其包括以下步骤:采集被试者的临界融合频率值及脑电信号;将采集到的脑电信号进行预处理,去除干扰、去除眼电和心电伪迹;对预处理后的脑电数据进行特征提取,选取db2小波对脑电进行六层分解和重构,得到 α 波、 β 波、 θ 波、 δ 波四种基本脑电节律信号,分别计算并得到各节律信号的功率谱 $P_{\alpha}, P_{\beta}, P_{\theta}, P_{\delta}$ 与功率谱熵,选取功率谱比值作为脑电疲劳指标;及采用BP神经网络评判方法对输入元素为临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。

[0016] 相较于现有技术,本发明实施方式提出采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析,不仅准确性比较高,而且所需要的数据长度比较短,可以满足实时性检测。

附图说明

[0017] 图1 是本发明实施方式的精神疲劳检测系统的示意图。

[0018] 图2 是本发明实施方式的信息采集模組的示意图。

[0019] 图3是本发明实施方式的数据处理模組的示意图。

[0020] 图4是本发明实施方式的分析评价模組的示意图。

[0021]

具体实施方式

[0022] 下面将结合附图和实施方式对本发明作进一步说明。

[0023] 请参阅图1,本发明的基于多参数融合的精神疲劳检测系统100包括信息采集模組10、数据处理模組30及分析评价模組50,其中,信息采集模組10用于采集被试者的身份信息、临界融合频率及脑电信号;数据处理模組30用于对信息采集模块10采集到的脑电信号进行处理,以得到脑电信号的功率谱比值 $F(\alpha+\theta)/\beta$ 和功率谱熵;分析平均价模块50采用人工神经网络的方法对数据处理模組30处理后得到的临界融合频率、功率谱比值 $F(\alpha+\theta)/\beta$ 和功率谱熵进行融合判断,对被试者的精神疲劳状态作出评价分析。

[0024] 请一并参阅图2,信息采集模組10包括身份信息采集模块11、融合频率采集仪13及脑电信号记录仪15。身份信息采集模块11用于采集被试者的身份信息,身份信息包括姓名、性别、年龄、身高、体重、身份证号码、指纹、脸部特征或声音其中一种或多种。融合频率采集仪13用于采集被试者双眼的临界融合频率值。脑电信号记录仪15用于采集被试者的脑电信号。

[0025] 在本发明的一种实施方式中,融合频率采集仪13采用BD-118型闪光融合频率计,设定融合频率采集仪13的频闪灯颜色为白色,亮度为1/8,背景光为1/16,亮黑比为1:1;脑电信号记录仪15采用Neuroscan公司的Neuroscan 64导联脑电采集系统,记录被试者在静息闭眼状态下的四导脑电数据(枕叶1导,颞叶2导,顶叶1导),采样频率为1000Hz,各导联阻抗均小于5K欧姆,参考电极粘贴在左右乳突。可以理解,在其他实施方式中,可以实际情况才有其他型号的融合频率采集仪13、脑电信号记录仪15。在本发明实施中,采集脑电信号时同时记录被试者的临界融合频率。

[0026] 本发明实施采集两种状态下的临界融合频率和脑电信号,这两种状态分别为:第

一状态:被试者自觉不疲劳,如信号采集时间为8:00-8:05;第二状态:经过连续四个小时的学习,被试者自觉疲劳,如信号采集时间为11:55-12:00,每种状态数据50组。两种状态共计100组脑电数据。

[0027] 请一并参阅图3,数据处理模组30包括预处理模块31及脑电信号特征提取模块33,预处理模块31用于将采集到的脑电信号进行预处理,设计FIR滤波器进行3—45Hz滤波,采用独立成分分析去除干扰、去除眼电和心电伪迹。

[0028] 脑电信号特征提取模块33用于对采集的脑电数据进行特征提取,选取db2小波对脑电进行六层分解和重构,得到四种基本脑电节律信号,分别是: α 波, β 波, θ 波, δ 波。以1s为基本单位进行处理,分别计算并得到各节律信号的功率谱 $P_{\alpha}, P_{\beta}, P_{\theta}, P_{\delta}$ 与功率谱熵,选取功率谱比值作为脑电疲劳指标,脑电疲劳指标、功率谱熵的计算公式如下。

[0029] 各节律信号功率谱的计算公式:

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |S_i|^2 \quad (x = \delta, \theta, \alpha, \beta),$$

其中, S_i 为时域信号离散点的幅值,n为离散信号的点数。

[0030] 功率谱比值(脑电疲劳指标):

$$F_{\frac{\alpha}{\beta}} = \sum_{k=1}^N \frac{P_{\alpha}(k) + P_{\beta}(k)}{N \cdot P_{\beta}(k)}$$

式中, $1 \leq k \leq N$,N为选取的4个通道。

[0031]

受试者处于疲劳状态时,大脑的思维活动会降低,从而 β 波及高频脑电会减少,而 α 波会增多;当从疲劳转为瞌睡或者睡眠状态时,占主导的脑电频率会逐步降低为慢波 θ 波,因此本发明采用脑电功率谱比值描述精神疲劳的脑电特征。

[0032] 功率谱熵:

$$H = -\sum_i p_i \cdot \log p_i$$

式中,H为功率谱熵; p_i 为信号功率谱,归一化后,频率 f_i 处的功率谱密度在总的功率谱密度中所占的百分比,且 $\sum_i p_i = 1$ 。功率谱熵反映了信号的能量构成情况,能量在整个频率成分上分布越均匀,则信号越复杂,不确定性也就越大,从一定程度上反映了处理信息的复杂程度。

[0033] 请一并参阅图4,分析评价模组50包括BP(Back Propagation,反向传播)神经网络评判模块55及输出模块57,BP神经网络评判模块55用于对输入元素为临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。在本发明实施方式中,BP神经网络评判模块55借助MatIab软件进行分析。输出模块57用于将BP神经网络评判模块55分析得到的结果输出至使用者。在本发明实施方式,采用语音输出方式,可以理解在其他实施方式中,也可以实际需要采用其他方式输出,如文字输出等。

[0034] 本发明实施方式的BP神经网络评判模块55采用的输入神经元数、输出神经元数量、网络层数(隐含层数)、网络层(隐含层数)神经元数、各网络层的传递函数、各层初始值的权重如下文详细描述,从而确定最佳学习效率,选取适当期望误差。

[0035] 输入神经元:选取临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵作为BP神经网络模型的输入神经元,经过样本训练,当均方误差达到要求时,便可以综合判断精神疲劳的状态。

[0036] 输出神经元:精神疲劳的疲劳状态分为非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳三个等级,其作为BP神经网络评判模型的目标,设定对应的输出神经元分别为100、010、001。将BP神经网络评判模型的输出神经元设置成上述格式,可以有效识别BP神经网络评判模型输入是否有效或是否错误,

网络层数:本发明实施方式建立包括一个隐含层的三层BP神经网络模型。可以理解,在其他实施方式中,根据不同的需要,也可确定其他网络层数,如四层、五层、两层等。

[0037] 网络层(隐含层)神经元数:BP神经网络模型中隐含层神经元数的确定十分困难,其数量的多少直接决定着网络实现的效果,隐含层神经元数过多,将导致学习效率降低,所需内存增大,隐含层神经元数过少,将引起BP神经网络学习本领下降、收敛速度慢。本发明实施方式中,根据经验公式计算及试错方法,最终确定隐含层神经元数为20。

[0038] 经验计算公式: $m = \sqrt{m_i + m_o} + a$,其中,m表示网络层节点数, m_i 表示输入节点数; m_o 表示输出节点数;a为0-10之间的常数。

[0039] 传递函数:本发明实施方式中采用非线性Logsig传递函数,其表达式为: $a = \log \text{sig}(Wp + b)$,输出结果在(0,1)之间。

[0040] 初始权重:由BP神经网络学习过程分析,BP网络初始权重是通过随机数确定的,其范围在 $[-\frac{a}{n}, \frac{a}{n}]$ 之间。

[0041] 学习效率及期望误差:本发明实施方式采用LM学习算法(Levenberg-Marquardt学习算法,列文伯格-马夸尔特学习算法),其学习效率是根据误差自动调节的,无需设定,综合考虑设置的隐含层节点数以及训练效率的要求,结合不同希望误差值的训练效果,最终确定期望误差为0.001。

[0042] 构造训练样本集:在本发明实施方式中,借助Matlab神经网络工具箱来训练神经网络,训练人工神经网络选取临界融合频率、功率谱比值、功率谱熵三组数据进行融合,选取状态1和状态2前40组的实验数据作为训练样本,得到三个指标特征值的样本集,为了方便特征的融合和比较,各个特征均每秒计算一次。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

[0043] 式中,n为1-300, x_{11} 表示临界融合频率值, x_{12} 表示功率谱比值, x_{1n} 表示功率谱熵。根据前面的参数设置,将训练样本集导入到BP神经网络模型进行训练,多次运行程序,得到BP神经网络模型的权重与阈值,通常迭代次数为160次左右可达到期望误差。

[0044] 本发明实施方式中,选取状态1和状态2后10组的实验数据作为测试样本,对临界融合频率、功率谱比值、功率谱熵为输入元素时的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲

劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。

[0045] 借助Matlab软件,对临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵为输入元素时的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。

[0046] 本发明实施方式还提供一种上述疲劳检测系统采用的检测方法,其包括以下步骤:

采用信息采集模组10的身份信息采集模块11采集被试者的身份信息,身份信息包括姓名、性别、年龄、身高、体重、身份证号码、指纹、脸部特征或声音其中一种或多种;

采用融合频率采集仪13记录被试者双眼的临界融合频率值,同时采用脑电信号记录仪15记录被试者的脑电信号。融合频率采集仪13采用BD-118型闪光融合频率计,设定融合频率采集仪13的频闪灯颜色为白色,亮度为1/8,背景光为1/16,亮黑比为1:1;脑电信号记录仪15采用Neuroscan公司的Neuroscan 64导联脑电采集系统,记录被试者在静息闭眼状态下的四导脑电数据(枕叶1导,颞叶2导,顶叶1导),采样频率为1000Hz,各导联阻抗均小于5K欧姆,参考电极粘贴在左右乳突。

[0047] 采用预处理模块31将采集到的脑电信号进行预处理,设计FIR滤波器进行3—45Hz滤波,采用独立成分分析去除干扰、去除眼电和心电伪迹;

采用脑电信号特征提取模块33对采集的脑电数据进行特征提取,选取db2小波对脑电进行六层分解和重构,得到四种基本脑电节律信号,分别是: α 波, β 波, θ 波, δ 波。以1s为基本单位进行处理,分别计算并得到各节律信号的功率谱 $P_{\alpha}, P_{\beta}, P_{\theta}, P_{\delta}$ 与功率谱熵,选取功率谱比值作为脑电疲劳指标,脑电疲劳指标和功率谱熵的计算公式如上文所述。

[0048] 采用BP神经网络评判模块55对输入元素为临界融合频率、功率谱比值和功率谱熵的BP神经网络评判模型进行验证,得到非疲劳、轻度疲劳、重度疲劳的输出结果。具体评判步骤如上文所述。以及

采用输出模块57将BP神经网络评判模块55分析得到的结果输出至使用者。

[0049] 本发明从数据融合的角度引入BP人工神经网络,以被试者的临界融合频率和脑电信号进行分析,对被试者的疲劳状态做出判断,对重度疲劳的被试者,系统将给出一种语音警告信号,实现了一种实时、便携的精神疲劳预警检测设备。

[0050] 本发明采用小波包分析不同精神状态下的自发脑电信号,通过对不同被试者在不同状态下临界融合频率值、脑电信号功率谱比值和功率谱熵结合起来,得到一种利用临界融合频率和脑电特征相结合的客观评估精神疲劳的有效方法。

[0051] 脑电信号的分析方法很多,包括时域、频域、时频域以及非线性分析方法等,其中脑电信号的不同节律能量比值通常用来评价精神疲劳,熵值可以用来反映信号的复杂程度,因此可以选取脑电的节律能量比值和功率谱熵进行分析。本发明提出的临界融合频率、节律能量和功率谱熵结合的评价方法,不仅准确性比较高,而且所需要的数据长度比较短,可以满足实时性检测。

[0052] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其它相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

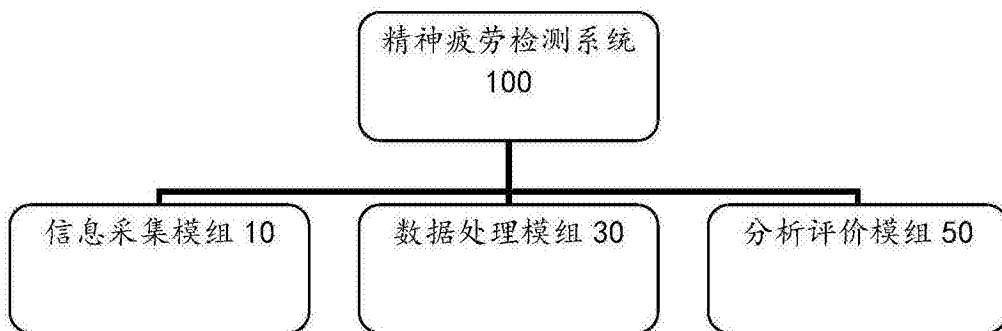


图1

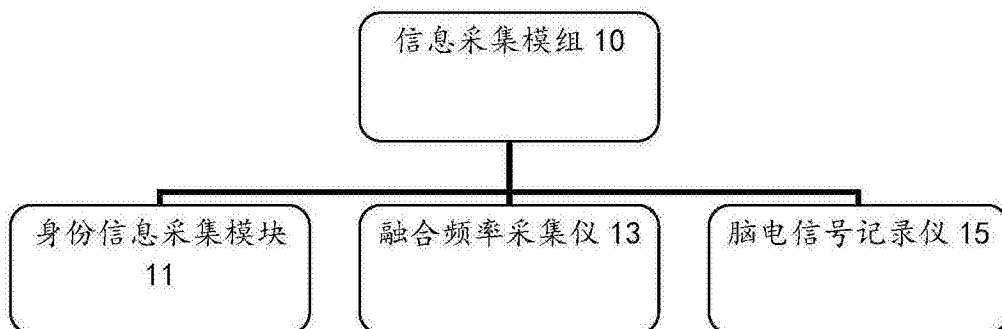


图2

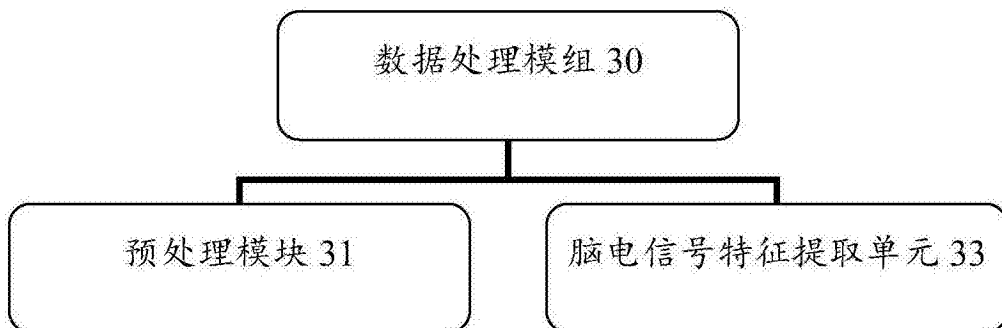


图3

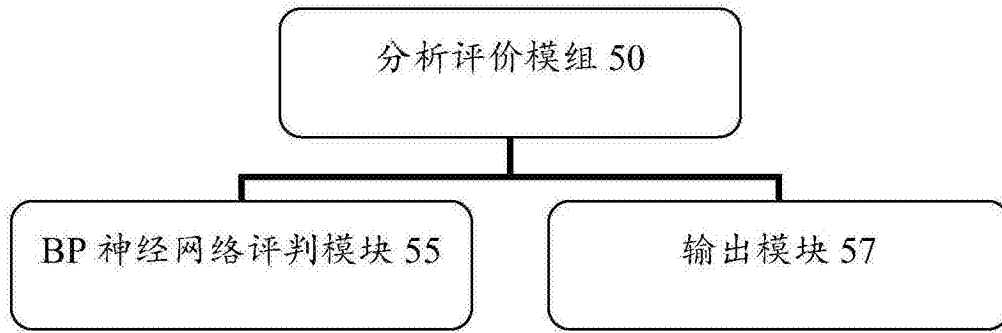


图4

专利名称(译)	精神疲劳检测系统及其采用的方法		
公开(公告)号	CN106943150A	公开(公告)日	2017-07-14
申请号	CN201710172209.X	申请日	2017-03-22
[标]申请(专利权)人(译)	新乡医学院		
申请(专利权)人(译)	新乡医学院		
当前申请(专利权)人(译)	新乡医学院		
[标]发明人	张彬 李明彩 毕彦平		
发明人	张彬 李明彩 毕彦平		
IPC分类号	A61B5/16 A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/165 A61B5/0476 A61B5/4076 A61B5/72 A61B5/7203 A61B5/7264 A61B5/7267		
代理人(译)	冯晓平		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种精神疲劳检测系统及其采用的方法，该系统包括信息采集模组、数据处理模组及分析评价模组，分析评价模组包括BP神经网络评判模块，该BP神经网络评判模块采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断，对被试者的精神疲劳状态作出评价分析。相较于现有技术，本发明实施方式提出采用BP神经网络方法对临界融合频率、功率谱比值及功率谱熵进行融合判断，对被试者的精神疲劳状态作出评价分析，不仅准确性比较高，而且所需要的数据长度比较短，可以满足实时性检测。

